

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-216263

(43)Date of publication of application : 05.08.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/90  
H01L 27/04

(21)Application number : 05-245940

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRON CO LTD

(22)Date of filing : 06.09.1993

(72)Inventor : LEE SANG-IN  
CHOE KIL-HYON

(30)Priority

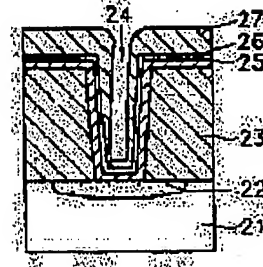
Priority number : 92 9216301 Priority date : 07.09.1992 Priority country : KR

## (54) FORMATION OF WIRING LAYER OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve deposited step coverage or increase the sinking of a deposited contact hole by performing hydrogen processing on the surface of a lower support film, hydrogen terminating the surface, and forming a first conductive layer by depositing first conductive material.

CONSTITUTION: A wiring-layer lower support film 23 is formed on a semiconductor substrate 21. Then, hydrotreating processing is performed to expose the lower support film 23 to hydrogen plasma and hydrogen radicals, and a surface part 26 of the lower support film 23 is hydrogen-terminated. After the hydrogen termination, a first conductive layer 27 is formed on the lower support film 23 by vapordepositing first conductive material on the lower support film 23. In this case, the lower support film 23 is an insulating film including an opening. The opening is a tapered contact hole 24 electrically connecting the wiring layer to an impurity doping region. The size of the contact hole 24 is represented by an average diameter value of the tapered contact hole. By the hydrotreating on the lower support film 23, wettability between the deposited metal layer and the lower support film 23 is improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.12.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]	3435194
[Date of registration]	30.05.2003
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2003-003424
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	03.03.2003
[Date of extinction of right]	

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-216263

(43) 公開日 平成6年(1994)8月5日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/90  
27/04

識別記号

庁内整理番号

P 7514-4M  
D 8427-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数24 F D (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平5-245940

(22) 出願日 平成5年(1993)9月6日

(31) 優先権主張番号 9 2 P 1 6 3 0 1

(32) 優先日 1992年9月7日

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416

(72) 発明者 李 相忍

大韓民国京畿道水原市八達区梅灘2洞196  
-50番地

(72) 発明者 崔 吉鉉

大韓民国京畿道安養市石水1洞374-5番  
地 白鳥アパート110棟302號

(74) 代理人 弁理士 八田 幹雄

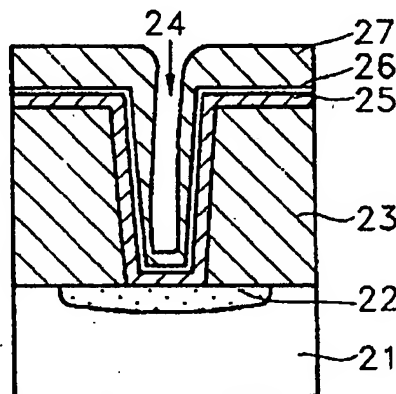
(54) 【発明の名称】 半導体装置の配線層形成方法

(57) 【要約】

【目的】 蒸着された段差塗布性及び／又は接触口の埋没を向上させるための半導体装置の配線層形成方法を提供する。

【構成】 半導体基板上に拡散防止膜や絶縁膜のような配線層の下支膜を形成した後、下支膜を水素プラズマや水素ラジカルに露出させ下支膜を水素処理し下支膜の表面部分を水素終端させる。下支膜と蒸着された金属層間の濡れ性が増加する。水素処理された下支膜上にアルミニウムやアルミニウム合金のような金属を蒸着する場合に、大きい粒子を有する金属層が形成される。

【効果】 蒸着された金属層の段差塗布性が向上され、金属粒子の移動度が増加する。高温で金属をスパッタリングしたり、低温で形成された金属を真空を破らず、熱処理する場合に、接触口への埋立が向上される。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に配線層の下支膜を形成し、前記下支膜の表面を水素処理し前記下支膜の表面部分を水素終端させた後、前記下支膜上に第1導電物質を蒸着し配線層を形成することを特徴とする半導体装置の配線層形成方法。

【請求項2】 前記下支膜が開口部を含む絶縁膜であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項3】 前記絶縁膜を形成する前に下部配線層を形成する段階を更に含むことを特徴とする請求項2記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項4】 前記下支膜が拡散防止膜であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項5】 前記半導体基板上に下部構造物の表面を露出させる開口部を含む絶縁膜を形成する段階を更に含むことを特徴とする請求項4記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項6】 前記拡散防止膜は前記絶縁膜、前記開口部の内面及び前記開口部により露出された前記下部構造物の表面上に形成することを特徴とする請求項5記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項7】 前記下部構造物が半導体基板であり、前記開口部は上部導電層と前記半導体基板の不純物のドーピングされた領域を電気的に接続させるための接触口であることを特徴とする請求項6記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項8】 前記下部構造物が下部配線層であり、前記開口部は上部導電層と前記下部配線層を電気的に接続させるためのブリアホールであることを特徴とする請求項6記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項9】 前記拡散防止膜は遷移金属、遷移金属合金及び遷移金属化合物から構成された群から選択されたいずれか一つ以上よりなることを特徴とする請求項4記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項10】 前記拡散防止膜は遷移金属から構成された第1拡散防止膜と前記第1拡散防止膜上に形成された遷移金属化合物又は遷移金属合金から構成された第2拡散防止膜より構成されることを特徴とする請求項4記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項11】 前記水素工程は水素プラズマに前記拡散防止膜を露出させ施すことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項12】 前記第1導電層は第1金属を低温で蒸着し形成することを特徴とする請求項1記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項13】 前記方法は、前記第1導電層を形成した後、真空を破らず第1導電層を熱処理し第1導電層の粒子を移動させる段階を更に含むことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の配線層形成方法。

2

【請求項14】 前記第1導電層の熱処理工程は $0.8T_m \sim T_m$  ( $T_m$ は前記第1導電性物質の溶融点である)の温度で1分以上施すことを特徴とする請求項13記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項15】 前記第1導電層は連続的にシリコン(Si)を含む第1金属を蒸着し第1金属層を形成し、シリコン(Si)を含まない第2金属を蒸着し第2金属層を形成して得た複合層であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項16】 前記第1金属及び第2金属は真空中、低温で蒸着することを特徴とする請求項15記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項17】 前記低温は $150^\circ\text{C}$ 以下の温度であることを特徴とする請求項16記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項18】 前記第1導電層熱処理の後、第2導電物質を蒸着し第2導電層を形成する工程を更に含むことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項19】 前記第2導電層は純粋アルミニウム(Al)、アルミニウム-銅(Al-Cu)合金及びアルミニウム-チタン(Al-Ti)合金より構成された群から選択されたシリコン(Si)成分を持たない金属を蒸着し形成することを特徴とする請求項18記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項20】 前記金属を $350^\circ\text{C}$ 以下の温度で蒸着することを特徴とする請求項19記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項21】 前記第2導電層を熱処理し前記第2導電層の表面を平坦化させる段階を更に含むことを特徴とする請求項18記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項22】 前記第2導電層の熱処理段階は第2導電層を $0.8T_m \sim T_m$  ( $T_m$ は第2導電層を構成する前記金属の溶融点)の温度で施すことを特徴とする請求項21記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項23】 前記第1導電性物質は高温でスパッタリング法により蒸着し形成することを特徴とする請求項1記載の半導体装置の配線層形成方法。

【請求項24】 前記高温は $0.8T_m$ 乃至 $T_m$  ( $T_m$ は第1導電性物質の溶融点である)の範囲内であることを特徴とする請求項23記載の半導体装置の配線層形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の配線層形成方法に係り、特に配線層の段差塗布性や埋没を向上させるための半導体装置の配線層形成方法を提供する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の技術が超高集積(ULSI)化となるにつれ、半導体配線方法は半導体装置の収

率、性能(例:動作速度)及び信頼性を決定する要因となるので半導体装置の製造技術で一番重要なものと評価される。アスペクト比(幅に対する深さの比率)の低い接触口や深さの低い段差等のような比較的屈曲の少ない外面的な形のために従来の密集度の小さい半導体装置で金属段差塗布性は余り問題とならなかった。しかしながら、半導体装置の集積度が増加するにつれ接触口は著しく小さくなり、半導体基板の表面部分に形成された不純物領域は一層浅くなった。このような現在のより大きい集積度の半導体装置での接触口のアスペクト比の増加及び段差の大きい深さのために標準設計目的の半導体装置の高速性能、高収率及び良好した信頼性のために従来のアルミニウム配線工程は改善する必要がある。より具体的に説明するなら、高集積半導体装置で従来のA1配線工程を使用すれば接触口の低いアスペクト比及びスパッターされたA1の不良な段差塗布性に基づくアルミニウム相互接触の失敗及び信頼性の低下、S1沈殿に基づく接触抵抗の増加及びアルミニウムスパイキングにより浅い接合特性の劣化等のような問題点を起こす。

【0003】図1はボイド形成を示す従来の方法により得た金属配線を有する半導体ウェハの部分断面図である。

【0004】図1を参照すれば、半導体基板1上に絶縁膜5を形成し、半導体基板1の表面部分に形成された不純物ドーピング領域3を露出させ、アスペクト比が1以上の接触口を前記絶縁膜5に、そして前記不純物ドーピング領域3上に形成する。次に、絶縁膜5、接触口の内面及び不純物ドーピング領域3の露出された表面上に拡散防止膜7を形成し通常のスパッタリング方法により金属層9aを蒸着させる。ここで、接触口の低いアスペクト比により、接触口の上には蒸着された金属層9aのオーバハング部分が形成され、接触口内ではボイド11aが形成され半導体装置の金属層9aの信頼性を劣化させる。

【0005】このような従来のA1金属化工程の問題点を解決するために、各種の新たな方法が提案されてきた。例えば、前述したアルミニウム接触の失敗による半導体装置の信頼性低下を防ぐために次のような方法が公知されている。

【0006】日本特許公開公報昭62-132348号 YUKIYASU sugano 等、日本特許公開公報昭63-99546号 SHINPEI ijima、日本特許公開公報昭62-109341号 MASAHIRO simizu等、日本特許公開公報昭62-211915号 HIDEKAZU wakabayashi等、日本特許公開公報平1-246831号 SEIITI iwamatu、日本特許公開公報昭59-171374号 MASAKI sato及びヨーロッパ特許出願第87306084、3号 RYOUITI mukai 溶融法が開示されている。

【0007】前述した方法によれば、接触口はアルミニウムやアルミニウム合金を溶融させリフローし埋め立て

られる。要約すれば、リフロー段階で、アルミニウム又はアルミニウム合金の金属層はその溶融点以上に加熱し溶融された金属が接触口に流動しこれを埋め立てる。このようなリフロー段階は次のような短所がある。第1、半導体ウェハは水平的に位置させ流動する溶融物質が接触口を適当に埋め立てるべきである。第2、接触口を埋め立てる前記液状金属層は表面張力を小さくしようとし、従って固化の際は収縮したり振るようになり底部の半導体物質を露出させる。又、熱処理温度は正確に調節され得ないので同一の結果を得るのが困難である。それに、前記方法によれば接触口を埋め立てさせ得るとしても、金属膜の残余部分(接触口領域以外の部分)は荒くなり後続くフォトリソグラフィ工程が行いにくくなる。従って、金属層のこのような荒い領域を緩和させたり平坦化するために2次的な金属形成工程が必要になる。

【0008】接触口埋立のためにアルミニウムやアルミニウム合金を溶融させる方法の代わりに、金属の段差塗布性を向上させるために、米国特許第4,970,176号(Tracy等)には多段階金属配線方法が記されている。前述した特許によれば、低温で半導体ウェハ上に所定の厚さの厚い第1金属層を蒸着した後、金属がリフローするよう温度を高温(約400~500℃)に上げながら所定の厚さの金属層の残りの薄い部分を蒸着させる。金属層のリフローは粒子成長、再結晶及びバルク拡散を通じて起こる。

【0009】Tracy等の方法によれば、アスペクト比の大きい接触口(ファイアホール)の段差塗布性は向上され得るが、金属層が高温で蒸着されるので、アスペクト比が1以上であり、直径が1μm以下の接触口はアルミニウム或いはアルミニウム合金で完全に埋め立てられない。

【0010】一方、Ono等は、半導体基板を500℃以上で保つ場合にA1-S1の液体性が急に増加すると発表した(Hisako Ono, et al., in Proc., 1990 VMIC Conference June 11~12, pp76~82)。この論文によればA1-1%Si膜のストレスは500℃で急激に変わり、前記温度でA1-1%Si膜のストレス弛緩が急激に発生する。又、接触口を満足に埋め立てるためには基板温度を500℃乃至550℃に保つべきである。

【0011】又、YODA takasi等は配線と半導体基板或いは絶縁層間の反応を防ぐために接触口の内面に二重障壁層を形成した後、Ono等の論文のように、半導体基板を加熱し500℃乃至550℃の所期温度を保ちながらA1-S1のアルミニウム合金のような蒸着された金属で接触口を埋め立てることを含む半導体装置の製造方法を提示した(1989年3月14日に出願された日本特許願平1-61557号に対応する韓国特許公開第90-15277号及びヨーロッパ特許出願第90104184、0号)。

【0012】YODA takasi等の方法及びONO等に方法によれば、500℃乃至550℃の温度でAl-Si膜が蒸着される。こうして得たAl-Si膜は約10ミクロンの成長された大きい直径の結晶粒子を有する。従って、Al-Si膜は電子移動に対しては強い耐性を持つが、ストレス移動に対しては弱い耐性を有する確率が高い。又、Al-Si膜の結晶粒子間の境界面で高抵抗のSiが結晶化される。従って、接触口以外の領域のAl-Si膜を取り除く必要があり、金属化工程は複雑になる。それに、高温でAl-Si膜が蒸着されるので、ボイドが形成されたり、金属層の断線(discontinuity)が発生する。

【0013】又、本発明者の中一人を含んだC.S.Park等は150℃以下の低温で3000Åの厚さで蒸着した後550℃の温度で180秒の間前記蒸着されたアルミニウム合金を後熱処理しアスペクト比の高い接触口をアルミニウム合金で完全に埋め立てることを特徴とする接触口を通じて金属配線層を形成する方法を開示し(Proc., 1991 VMIC Conference June 11 and 12, pp326~328)、前記方法は、発明の名称が「半導体装置の金属層形成方法」で米国に特許出願され(米国特許出願第07/585, 218号)、放棄されたし、現在その一部係属出願として米国特許庁に係属中の出願(米国特許出願第07/897, 294号)に含まれている。

【0014】図2乃至図4は前記発明による金属配線層の形成方法を示す。図2は第1金属層の形成段階を示す。半導体基板1上に塗布された絶縁膜5に大きさが0.8μmであり上部に段差の形成された接触口2を形成する。次に、基板1をスパッタリング反応室(図示せず)に入れ、ここで所定の真空度で150℃以下の温度で金属、例えばAlやAl合金を蒸着し第1金属層17を形成する。こうして形成された第1金属層17はアルミニウムグレんサイズが小さくアルミニウムグレんの表面自由エネルギーが大きい。

【0015】図3は接触口2を埋没する段階を示す。より具体的に説明すれば、前記で得た半導体基板1を真空を破らず他のスパッタリング反応室(図示せず)内に移送し、望ましくは550℃の温度で2分以上前記第1金属層17を熱処理し、前記接触口2を金属で埋没させる。この際、アルミニウム原子の表面自由エネルギーが大きくなるようにできる限り反応室内の圧力が低いのが望ましい。このような方法で、より容易に金属原子は接触口に移動し接触口を埋め立てる。参照番号7aは接触口2を埋め立てる金属層を示す。図3に示した熱処理温度の範囲は金属溶融点の80%乃至金属溶融点であり、使用される特定のアルミニウム合金やアルミニウムにより変わる。

【0016】前記金属層はアルミニウムの溶融点以下の温度で熱処理するので金属層は溶融されない。例えば、550℃で、150℃以下の温度でスパッタリングによ

り蒸着されたAl原子は高温で熱処理の際に溶けず移動する。このような移動は周囲の原子と完全に接触しない表面原子中のエネルギー増加に基づき表面領域が平らでなかったり粗粒状(grainy)の際増加する。従って、初期にスパッタリング粗粒状層(grainy layer)は熱処理の際に原子移動増加を示す。

【0017】図4は第2金属層9を形成する段階を示す。より具体的に説明すれば、前記第2金属層9は半導体装置の所期信頼性を基準に選択された温度、例えば、350℃以下の温度で金属層所期総厚さの残りの部分を蒸着させ形成する。これにより、(複合)金属層全体を形成する。

【0018】前記方法によれば、従来の蒸着方法に使用される同一のスパッタリング装置を使用した後、蒸着された金属をアニーリングして接触口を容易で完全に金属で埋め立てることができる。従って、アスペクト比が大きくて(1以上)1ミクロン以下の接触口が完全に埋め立てられ得る。又、YODA takasi等の方法の場合のようにエッチング段階も不必要である。しかしながら、接触口にボイドが形成されたり金属層の段差塗布性の適当でない場合には、金属層の蒸着された半導体ウェハーを所期温度及び真空度で保つとしても接触口は埋没され得ない。又、既に蒸着された第1金属層を有する半導体ウェハー上に第2金属層が後続で形成されるとしても、接触口の良好した段差塗布性が保障されず、このような不適した段差塗布性に基づき製造された半導体装置の信頼性が低下する。

【0019】シリコン技術の初期段階ではSi上に直接純粋アルミニウムの蒸着された接触構造を使用した。しかしながら、AlのSiに対する接触はシンタリング途中に接合スパイキングのような不良な接合特性を示す。シンタリング段階は接触金属膜が蒸着及びパターンされた後に施される。アルミニウムは450℃乃至500℃の接触アロイ(contact-alloy)温度で0.5乃至1%のシリコンを吸収しAlスパイキングを生成する。

【0020】接触において接合スパイキングを避けるために、接触及び集積回路の相互接触を形成するのにAl-Si合金(Si:1.0重量%)が広く用いられている。純粋アルミニウムの代わりにAl-Si合金を使用することにより接合スパイキングが避けられるが、これは又他の問題点がある。より具体的に説明するなら、熱アニーリングの冷却途中に温度が低下することによりアルミニウム中のシリコンの固溶度(Solid Solubility)は減少する。従って、アルミニウムはSiで過飽和状態となり、これは核を形成しAl-Si溶液からSi残砂を成長させる。前記残砂はAl層と絶縁膜間のAl-SiO<sub>2</sub>界面(Si残砂を形成する)及び接触でのAl-Si界面(Siノジュール(nodule)を形成する)全てに発生する。Si残砂やSiノジュールは配線抵抗や接触抵抗を増加させる。

7

【0021】金属配線層とシリコン基板間の前記のような反応によるAlスパイクやSi残渣或いはSiノジュールの形成を防ぐために、配線層とシリコン基板又は絶縁層の間に拡散防止膜を形成するのが公知されている。例えば、米国特許第4,897,709号(NATUK I yokoyama等)には配線と半導体基板間の反応を防ぐために接触口内に障壁層として窒化チタン膜を含む半導体装置が記されている。

【0022】又、日本特許公開公報昭61-183942号には、MO、W、Ti又はTaのような金属を蒸着し耐火金属層を形成し、前記耐火金属層上に窒化チタン層を形成し、耐火金属層及び窒化チタン層を熱処理し耐火金属層と半導体基板との反応により前記層の界面に耐火金属シリサイド層を形成させることより構成された障壁層形成方法が開示されている。従って、障壁特性が向上される。このような拡散障壁層を熱処理する工程は450℃の温度で、約30分の間窒素雰囲気中でアニーリングして遂行する。拡散障壁層をアニーリングしない場合には450℃の温度でアルミニウムやアルミニウム合金をスパッタリングするとか以後にシンタリングする場合、接合スパイク現象が発生し望ましくない。

【0023】又、拡散障壁層を形成した後、金属配線層を形成するためにはウェハーをスパッタリング装置で移送しなければならないので、拡散障壁層が大気に露出される。拡散障壁層がアニーリング工程や大気に露出される場合に、拡散障壁層の微量の原子が酸素と反応し非常に薄い酸化物層が拡散障壁層の表面部分に形成され拡散障壁効果が増進される。これをスタッフィング(stuffing)効果という。

【0024】酸化物層ではアルミニウム原子の移動度(mobility)が小さくなり、Al-1%Si-0.5%Cu合金を約6,000Å位で常温で蒸着する際、得た金属層は0.2μm位の大きさの小さい粒子を有する。従って、スパッターされたAlの段差塗布性が不十分である。

【0025】一方、大気又はアニーリング工程に露出されない拡散障壁層では、高温で後続熱処理段階や高温でスパッタリングしてアルミニウム膜を蒸着する場合に、アルミニウムが拡散障壁層と反応し拡散障壁層の障壁特性を劣化させる。又、アルミニウム金属層の表面が非常に荒くなり、表面の反射率が落ち、後続写真工程の効率を低下させる。従って、アニーリング工程は必須的である。

【0026】拡散防止膜として通常の窒化チタンTiN膜やTiW(又はTiW(N))膜が用いられている。前記TiN膜やTiW膜(又はTiW(N)膜)等は拡散防止膜を薄く形成する際、粒子境界でアルミニウムやシリコンの拡散を完璧に防止できない微細組織上の欠陥や粒子境界が存在する。

【0027】このような欠陥を防止するために、粒子境

8

界での拡散経路を遮断させる酸素スタッフィング(Oxygen Stuffing)方法が提示されたことがある。又、HIGATA Masahumiは障壁金属とアルミニウム配線との濡れ性(wettability)を向上させるために、障壁層のTiN層を熱処理した後SiやO<sub>2</sub>をイオン注入する方法を示した(日本特許願昭63-176035号)。

【0028】一般的にTiNを蒸着した後大気に露出させれば大気中の酸素によりスタッフィング効果が出る。酸素は粒子境界のみならず障壁金属の表面で酸化物形態で存する。又、HIGATA Masahumiの特許も拡散防止膜の表面を酸素処理化して(Oxygenation)障壁金属の特性を向上させる。

【0029】しかしながら、Ti又はTiNを蒸着し障壁層を形成させた後大気に露出させたり、酸素を混入してTiNを蒸着したり、酸素の混入した窒素雰囲気中でアニーリングする場合接触抵抗が増加する確率が高い。

【0030】大気露出時間、蒸着の際の酸素混入量、アニーリングの際の酸素混入量及びアニーリング温度等の条件に従いTiN膜の障壁特性が変化する。このような要因を鑑み、障壁金属のアニーリングは約450℃の温度でN<sub>2</sub>雰囲気中で30~60分間遂行することが最適だと知られている。

【0031】図5は蒸着した後と各種温度で、N<sub>2</sub>アニーリングした後XPS(X-ray photoelectron Spectroscopy)を用いTiN層の表面から得たスペクトルを示す。図5で、横軸は分子の結合エネルギーeVを示し、縦軸は単位エネルギー当たり電子の数を示す。"As Depo"は蒸着の後、TiN表面から得たスペクトルを示し、他のスペクトルはTiN層を窒素雰囲気中で30分の間450℃、550℃及び660℃でアニーリングした後、得たスペクトルを示す。同図から、蒸着されたTiN層はチタン酸化物を含み、TiN層を高い温度でアニーリングするほど、TiN層はTi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO、TiO<sub>2</sub>等のような酸化チタンをより多く含むことが分かる。

【0032】図6はTi層とTiN層から構成され、TiN層上に酸化物層の形成されている拡散防止膜を示す断面図である。同図で、酸化物層は拡散防止膜を形成した後真空がブレーキされた状態で形成されたものである。

【0033】図7は図6の拡散防止膜を形成した後N<sub>2</sub>アニーリングしたして拡散防止特性を向上させて得た拡散防止膜を示す断面図である。アニーリング段階中に酸化物層は成長した。

【0034】図8は窒素雰囲気中でアニーリングした拡散防止膜上に、高温で金属層を蒸着する場合のボイド11b形成を示す。同図で、高温で蒸着された金属層9b、酸化物層8とボイド11bを除いては参照番号は図1の場合と同一の意味を表す。又、図9は窒素雰囲気中でアニーリングした拡散防止膜上に、低温で金属を蒸着



し金属層を形成した後、(溶融点以下の高温で)熱処理する場合の断線13形成を示す。同図で、高温で熱処理された金属層9c、酸化層8と断線13を除いては参照番号は図1の場合と同一の意味を有する。

【0035】高温で金属をスパッタリングする場合下支膜の種類により接触口に金属で埋没される傾向が発表されたことがある。Ti/TiN(1,000Å/250Å)で構成された拡散防止膜を形成した後、真空を破らず拡散防止膜上にアルミニウムを蒸着する場合には、金属層は0.7乃至1.2μmの直径を持ち深さが0.8μmの接触口を埋め立てる。反面、拡散防止膜をN<sub>2</sub>アニーリングする場合には、金属層の埋没は得られない。接触口の埋没は下支膜のTiNとAlとの反応有無による。

【0036】又、NISHIMURA Hiroshi 等はTi下支膜を形成した後真空を破らずAlを約500℃でスパッタリングする方法を提案した(参照文献:Hiroshi Nishimura et al., "Reliable Submicron Vias Using Aluminum Alloy High Temperature Sputter Filling" pp.170~176, VMIC conference, 1991)。NISHIMURA 等によれば、直径が0.5μmであり、アスペクト比が1.6のファイアホールが埋め立てられる。接触口埋没の原因はAlとTiの反応による。

【0037】しかしながら、アルミニウムがチタンと反応しチタンアルミナイドAl<sub>3</sub>Tiが生成する場合、アルミニウム金属層のシリコンの固溶度は450℃の温度で約15重量%までに高まる。従って、接触口でAl<sub>3</sub>Tiが生成すれば、アルミニウム金属層と基板との反応に基づきアルミニウムアロイスパイクの発生する可能性が高くなる。

【0038】又、AlとTiが反応すれば、高温スパッタリングや蒸着工程後にC. S. Parkの方法により真空熱処理を遂行する際Alの表面が非常に荒くなり反射度が低下し後続く写真工程の困難が発生する。

【0039】従って、拡散防止膜の形成されている接触口では拡散防止膜の防止特性を向上させるためには拡散防止膜の表面と粒子境界に酸化物の存する状態とするのが望ましい。

【0040】Dipankar等は170℃でAl-1%Cu合金を各種下支膜に蒸着した実験結果を発表したことがある(参照文献;"EFFECT OF UNDERLAYER ON SPUTTERED ALUMINUM GRAIN STRUCTURE AND ITS CORRELATION WITH STEP COVERAGE IN SUBMICRON VIAS" by Dipankar Pramanik and Vivek Jain, June 12-13, 1990 VMIC conference, pp332-334)。Dipankar等の教示によれば、下支膜の種類により蒸着の際生成するアルミニウム粒子の大きさが異なる。TiW膜上で粒子が一番大きく形成されることが観察される。側壁上に大きい島(large island)が形成されると、良好な段差塗布性が得られる。これは、アルミニウムの段差塗布性は蒸着の際形成される

アルミニウムの粒子の大きさと密接した関係にあることを示す。即ち、蒸着の際形成されるアルミニウム粒子が大きいほどアルミニウム層のファイア側壁に対する段差塗布性は良好になる。又、アルミニウム粒子と下支膜間の濡れ性がよいほどアルミニウム粒子は蒸着の際に大きく形成される。

【0041】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、下支膜と蒸着された金属層間の濡れ性を向上させ、蒸着された金属層の段差塗布性及び/又は(接触口又はファイアホールのような)開口部の埋没特性を向上させる半導体装置の製造方法を提供することである。

【0042】本発明の他の目的は、下支膜特性を改善し蒸着された金属層の粒子の移動度を増加させC. S. Parkの方法を遂行する場合に、開口部の完全な埋没を容易に達成できる半導体装置の金属配線層形成方法を提供することである。

【0043】(本発明は1990年9月19日付で出願され現在放棄された米国特許出願第07/585,218号のCIP出願として1992年8月24日付で米国に出願され現在係属(pending)中の米国特許第07/879,294号の改良発明であり、その内容を本出願で参照に記す。)

【0044】

【課題を解決するための手段】前述した本発明の目的及び他の目的を達成するために、半導体基板上に配線層の下支膜を形成し、前記下支膜の表面を水素処理し前記下支膜の表面部分を水素終端させた後、前記下支膜上に第1導電物質を蒸着し第1導電層を形成することから構成された半導体装置の配線層形成方法が提供される。

【0045】本発明の一例によれば、前記下支膜は開口部を含む絶縁膜である。前記絶縁膜を形成する前に下部配線層が形成できる。

【0046】本発明の他の例によれば、前記下支膜は拡散防止膜である。半導体基板上に下部構造物の表面を露出させる開口部を含む絶縁膜を形成し、前記拡散防止膜は前記絶縁膜、前記開口部の内面及び前記開口部により露出された前記下部構造物の表面上に形成する。

【0047】前記下部構造物が半導体基板の場合には、前記開口部は上部導電層と前記半導体基板の不純物のドーピングされた領域を電気的に接続させるための接触口(コンタクトホールcontact hole)である。前記下部構造物が下部配線層の場合には、前記開口部は上部導電層と前記下部配線層を電気的に接続するためのファイアホール(via hole)である。

【0048】前記拡散防止膜は遷移金属、遷移金属合金及び遷移金属化合物から構成された群から選択された一つ以上よりなる。前記拡散防止膜は遷移金属から構成された第1拡散防止膜と前記第1拡散防止膜上に形成された遷移金属化合物又は遷移金属合金から構成された



第2拡散防止膜より構成されることが望ましい。前記水素処理工程を水素プラズマ（又は水素ラジカル）に前記拡散防止膜を露出させ遂行する。

【0049】本発明の一例によれば、前記第1導電層は第1金属を低温で蒸着し形成する。前記第1導電層を形成した後、真空を破らず第1導電層を熱処理し第1導電層の粒子を移動させ得る。前記第1導電層の熱処理工程は0.8Tm~Tm（Tmは前記第1導電性物質の溶融点である）の温度で1分以上遂行する。

【0050】前記第1導電層の厚さが配線層の所期厚さより小さい場合には、前記熱処理された第1導電層上に、前記第1導電層熱処理段階の後、第2導電物質を蒸着し第2導電層を形成する。前記第2導電層も第1導電層の熱処理の場合と同一の方法で熱処理し前記第2導電層の表面を平坦化させ得る。

【0051】本発明の又他の例によれば、前記導電層は第1導電性物質を高温でスパッタリング法により蒸着して形成する。前記高温は0.8Tm乃至Tm（Tmは第1導電性物質の溶融点である）の範囲内である。

【0052】

【作用】拡散防止膜の障壁特性はそのまま保ちながら、蒸着された金属層粒子の移動度及び/又は拡散防止膜と蒸着された金属の粒子間の濡れ性が向上される。従って、高温で金属をスパッタリングする場合に蒸着された金属層の接触口の埋没が向上される。又、金属層の段差塗布性及び金属層の開口部へのリフロー特性が向上される。

【0053】

【実施例】以下、添付した図面に基づき本発明を詳細に説明する。

【0054】本発明の方法によれば、半導体基板上に配線層の下支膜を形成し、前記下支膜の表面を水素処理し前記下支膜の表面部分を水素終端させ下支膜の特性を改善する。次に、前記下支膜上に第1導電物質を蒸着し第1導電層を形成する。

【0055】前記下支膜は開口部を含む絶縁膜であり得る。下支膜を形成する前に下部配線層が形成できる。

【0056】又、前記下支膜は拡散防止膜であり得る。半導体基板上に下部構造物の表面部分を露出させる開口部を含む絶縁膜を形成し、前記絶縁膜、前記開口部の内面及び前記開口部により露出された下部構造物の表面に前記拡散防止膜を形成する。

【0057】前記下部構造物が半導体基板の場合には、前記開口部は上部導電層と前記半導体基板の不純物のドーピングされた領域を接触させるための接触口である。前記下部構造物が下部配線層の場合には、前記開口部は上部配線層と下部配線層を接触させるためのファイアホールである。

【0058】前記拡散防止膜は遷移金属（例：Ti）、遷移金属合金（例：TiW）及び遷移金属化合物（例：

TiN）より構成された群から選択されたいずれか一つ又は二つ以上を組合して形成される。拡散防止膜はTiNやTiWから構成された単一層であり得る。しかしながら、拡散防止膜は遷移金属よりなる第1拡散防止膜と第1拡散防止膜上に形成された遷移金属化合物又は遷移金属合金からなる第2拡散防止膜より構成されることが望ましい。

【0059】本発明で、前記水素処理工程は水素プラズマ（又は水素ラジカル）に露出させ遂行する。

【0060】図10は図7に示した拡散防止膜を水素処理して得た拡散防止膜を示す断面図である。同図で、TiO、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>又はTiO<sub>2</sub>から構成された酸化物層上に水素処理された表面層が存在することが分かる。

【0061】最近、M.delfino等はECR(Electron Cyclotron Resonance) H<sub>2</sub> プラズマ洗浄方法を提示したことがある（参照文献；“Plasma cleaned Si analyzed in situ by X-ray photoelectron spectroscopy” by M.Delfino et al., J. Appl. Phys. 71(2), 15 January 1992, PP. 1001~1009）。M.Delfino等の論文によれば、ECR励起（excited）水素プラズマでシリコン表面を洗浄し基板に形成された自然酸化物（native oxide）が完全に取除かれる。前記ECR励起水素プラズマ洗浄方法の長所は加熱したり基板にバイアス電圧を加える必要がない。もし、アルゴンイオンを使用しRFエッチングによりシリコン洗浄を遂行すれば、基板に印加された高いバイアス電圧により装置のスレショルド電圧V<sub>th</sub>の移動（shift）が生じるだけでなく、アルゴンの衝突により蝕刻がなされるのでアルゴンイオンのノックオン（knock-on）効果によりアルゴンイオンが基板や下支膜の中に注入され下支膜の原子がその下部層に注入される問題が発生する。

【0062】拡散防止膜上に形成された酸化物をRFエッチングにより取り除くことができる。しかしながら、拡散防止膜表面の自然酸化物層を取り除くためにRFエッチングを施せば、高いバイアス電圧が印加されるべきであり、前記ノックオン効果により自然酸化膜中の原子が拡散防止膜に移動し微量の酸化物が拡散防止膜上に存する。

【0063】本発明では前記ECR励起H<sub>2</sub> プラズマを利用し、前記拡散障壁層の表面部分に存する酸化物層を取り除かず、外郭層のみを還元（又は水素終端させ、障壁効果をそのまま保ちながら金属層の移動度又は拡散防止膜と蒸着された金属層の粒子間の濡れ性を向上させる。ここで、接触口に対する金属層の埋没特性が向上される。

【0064】又、開口部を含む絶縁膜の表面や前記開口部の内面を水素処理し、その表面を水素終端させる場合にも絶縁膜と蒸着された金属間の濡れ性が向上され、金属層の段差塗布性や熱処理の際の金属性の開口部への埋没特性が向上される。このような、金属層の下支膜に対

する濡れ性の向上は蒸着された金属層の原子一部と水素処理された下支膜の表面層の一部の原子との反応によるものと推定される。

【0065】前記水素処理された下支膜上に、第1導電物質を蒸着し第1導電層を形成する。

【0066】第1導電層は真空中低温で、純粋アルミニウム、Al-Ti合金又はAl-Cu合金のようなSi成分のないアルミニウム合金、Al-Si合金又はAl-Cu-Si合金のようなSi成分を含むアルミニウム合金を蒸着して形成した単一層であり得る。Si残砂の形成を防ぐために第1導電層はSi成分が0.5重量%以下、望ましくは0.2~0.5重量%を含むアルミニウムのような0.5重量%以下のSi成分を有する金属を蒸着し形成できる。第1導電層は真空中低温で第1金属を蒸着し第1金属層を形成した後、第2金属を蒸着し第2金属層を形成して形成された複合層であることが望ましい。ここで、前記第1金属はAl-Si合金(Al-1%Si合金)或いはAl-Cu-Si合金(Al-0.5%Cu-1%Si)のようなSi成分を含むアルミニウム合金であり、前記第2金属は純粋アルミニウム、Al-Cu合金(Al-0.5%Cu合金)又はAl-Ti合金のようなSi成分を含まないアルミニウム合金である。Si成分を含む金属とSi成分を含まない金属を連続的に蒸着させ第1導電層の複合金属層を形成する場合に、Si成分を含まない金属層はSi成分を含む金属層から熱処理段階中にSi原子を吸収する。従って、配線パターン形成の後半導体基板の表面上にSi残砂が発生せず、Alスパイクングも取り除かれる。前記第1金属及び第2金属はスパッタリング方法により150℃以下の低温で蒸着される。ここで、蒸着段階中に、-2.0乃至-200Vのバイアス電圧を半導体基板に加えることもできる。

【0067】第1導電層は配線層の厚さと等しい厚さを持つたりそれより小さい厚さを持つよう形成され得る。

【0068】図11は大気露出された(TiNより構成された)拡散防止膜上にAl-1%Si-0.5%Cuを6,000Å位の厚さで蒸着して得た金属層表面のSEM写真であり、図12は拡散防止膜のTiN層を形成した後、TiN層をN<sub>2</sub>雰囲気中で30分の間アニーリングした後ECR励起水素プラズマに露出させ水素処理した後真空を破らず、水素処理したTiN層上にAl-1%Si-0.5%Cuを6,000Å位の厚さで蒸着して得た金属層表面のSEM写真である。

【0069】図13は大気に露出された(Tiから構成された)拡散防止膜上に、Al-1%Si-0.5%Cuを6,000Å位の厚さで蒸着して得た金属層表面のSEM写真であり、図14は拡散防止膜のTi層を形成した後、Ti層をN<sub>2</sub>雰囲気中で30分の間アニーリングした後ECR励起水素プラズマに露出させ水素処理した後真空を破らず、水素処理したTiN層上にAl-1%Si-0.5%Cuを6,000Å位の厚さで蒸着して

得た金属層表面のSEM写真である。

【0070】図7乃至図10から水素処理しないTiN層やTi層表面のアルミニウム合金の粒子の大きさは約0.2μm位で小さい粒子が形成されており、水素処理したTiN層やTi層の表面のアルミニウム合金の粒子の大きさは約0.5μm乃至約1μm位の比較的に大きい粒子が形成されることが分かる。これは水素処理した下支膜上には水素処理しない従来の下支膜上でより大きい金属粒子が形成されることを示す。従って、Dipankar等の論文で分かるように、下支膜を水素処理すれば、配線層の段差塗布性が向上される。

【0071】第1導電層上に反射防止膜を形成した後、通常の写真蝕刻工程により第1導電層をパタニングして半導体装置の配線層が形成できる。

【0072】望ましくは、第1導電層はC.S.Parkの方法により、真空を破らず熱処理し第1導電層の粒子を移動させ得る。第1導電層を真空中で形成した後、前記第1導電層を真空を破らず熱処理する。熱処理は10mTorr以下の不活性ガス雰囲気中で装置内の真空度は5×10<sup>-7</sup>Torr以下の真空で0.8Tm以上Tm(Tmは第1導電物質の溶融点である)、望ましくは500~550℃の温度でガス伝導法或いはRTA法により半導体基板を加熱して遂行する。前記熱処理はアルゴンガス伝導法を使用し1分以上、望ましくは1~5分間遂行する。RTA装置を使用する場合には20~30秒の間数回反復したり2分間金属層を熱処理する。その他にランピング加熱法のような熱処理方法を使用することもできる。これら熱処理方法は単独又は組合して使用できる。前記熱処理は不活性ガス(N<sub>2</sub>、Ar)や還元性ガスH<sub>2</sub>の雰囲気中で遂行することもできる。

【0073】金属層を熱処理すれば、金属原子は表面の自由エネルギーを減少させるために開口部内に移動し開口部が金属で埋め立てられる。金属粒子の移動はその表面の自由エネルギーを減少させ蒸着された金属層の表面積を減少させ開口部を第1導電物質に完全に埋め立てる。ここで、水素処理された表面層の一部のチタン原子が第1導電物質のアルミニウム或いはアルミニウム合金と反応し開口部の埋没を向上させる。その結果開口部は金属で完全に埋没される。開口部の上部に存する金属層のオーバハング部分がなくなり、開口部の入り口部は大きくなる。従って、以後に第2金属層を蒸着すれば、良好な段差塗布性が得られる。

【0074】前記熱処理の際に真空が破れば、Al原子はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を形成しこれはAl原子が前記温度で開口部内に移動できなくする。従って、この場合には開口部が金属で完全に埋め立てられなくて望ましくない。

【0075】第1導電層の厚さが配線層の総厚さより小さい場合には、前記で熱処理された第1導電層上に、第2導電物質を蒸着し第2導電層が形成できる。第1導電層の厚さが600乃至4,800Åであり、配線層の厚

さが6,000Åの場合には、第1及び第2導電層の厚さの和が配線層の厚さと等しくなるよう第2導電層を形成する。即ち、第2導電層はアルミニウム又はアルミニウム合金のような第3金属を第1導電層形成の際と同一の方法で5,400乃至6,000Åの厚さで蒸着して形成する。第1導電層がSi成分を含む金属から構成されている場合には、第2導電層は純粋アルミニウム、Al-Cu合金或いはAl-Ti合金のようなSi成分を含まない金属で構成することが望ましい。

【0076】第2導電層は又第1導電層の熱処理と同一の方法で熱処理しその表面を平坦化するの望ましい。この段階を遂行することにより、金属層の原子を開口部に移動させ開口部をより完全に埋没させ平坦化した配線層を生成する。従って、後続フトリソグラフィ工程がより容易で効果的に遂行され得る。

【0077】第1導電層は高温で第1導電物質をスパッタリングして形成できる。前記高温はAl-1%Si合金を使用する場合0.8Tm~Tm(Tmは第1導電物質の溶融点である)である。下支膜を水素処理した後、下支膜上に金属を高温で蒸着すれば、蒸着された金属層は良好な段差塗布性を示す。本発明の実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれに制限されるものでない。

【0078】(実施例1)図15乃至図17は本発明の方法による半導体装置の配線層形成方法の第1実施例を示すための断面図である。

【0079】図15は拡散防止膜25の形成段階を示す。具体的には、n-形不純物ドーピング領域22がその表面部分に形成されている半導体基板21上にボロホスホシリケート(BPSG)を使用し約0.8μm~1.6μmの厚さで絶縁層23を形成する。次に、前記絶縁層23に半導体基板21の不純物ドーピング領域22の表面一部を露出させる開口部を形成した。開口部はテーパ状であり、配線層と不純物ドーピング領域を電気的に接続する大きさが0.7μmの接触口24である。接触口24の大きさはテーパ状接触口直径の平均値と定義される。一番大きい直径は約0.5μm~1.0μmであり、一番小さい直径は約0.3μm~0.7μmであった。

【0080】次に、絶縁層23の全表面、開口部24の内面及び半導体基板21の露出された表面上に拡散防止膜25を形成した。前記拡散防止膜25では、7mTorrのアルゴン雰囲気ですパッタリング方法によりチタンTiを約100~300Åの厚さで蒸着し第1拡散防止膜を形成した後、第1拡散防止膜上に窒化チタンナイトライドを約300~1,500Åの厚さで蒸着し第2拡散防止膜を形成し構成された複合層を形成した。ここで、TiNはDCマグネトロンスパッタリング室で、反応性スパッタリング方法により蒸着した。Ar+N<sub>2</sub>に対するN<sub>2</sub>のモル比を40%に調整し、ArとN<sub>2</sub>ガス

を真空室に導入した後、4mTorrでTiNを蒸着した。この際、基板の温度はTiを蒸着する際やTiNを蒸着する際両方とも200℃であった。

【0081】次に、拡散防止膜25を窒素又はアンモニア雰囲気中で約30~60分の間約450~500℃温度でアニーリング(即ち、熱処理)して障壁効果を向上させた。この際、少量の酸素が混入され拡散防止膜25の表面に、図7に示したように、(TiO、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>或いはTiO<sub>2</sub>より構成された)酸化物層が形成された。

【0082】図16は前記拡散防止膜25を水素処理し水素処理された表面層26を形成する段階を示す。前記で得た拡散防止膜25を水素圧力2.5mTorr下で、水素プラズマを発生するECR(Electron Cyclotron Resonance)装置を利用してマイクロウェーブパワー1kW、バイアス電圧0Vの状態で、基板21の温度は25℃に保ちながら、10秒乃至1分間処理した。その結果、図10に示した通り、拡散防止膜25上に形成された前記酸化物層上に水素処理された表面層26が得られた。

【0083】図17は第1導電層27を形成する段階を示す。図16の段階後、真空を破らず、前記水素処理された表面層26(拡散障壁)上に第1導電層27を形成した。

【0084】第1導電層27は真空中低温でAl-0.5%Cu-1%Si合金を6,000Å位の厚さで蒸着して形成した。アルミニウム合金は150℃以下の低温でスパッタリング方法により蒸着された。蒸着は4mTorr以下のAr雰囲気ですパッタリング方法により120Å/secの速度で蒸着した。この際、基板にバイアス電圧を-20V乃至-200Vを加えた。

【0085】こうして得た第1導電層27を電子顕微鏡で観察したところ、図12に示した通り約0.5μm乃至1μmまでの大きいアルミニウム粒子が形成されたことが分かる。

【0086】次に、第1導電層27上に後続フトリソグラフィ工程を向上させるためにスパッタリング方法により窒化チタンを200~500Åの厚さで蒸着し反射防止膜(図示せず)を形成する。次に、半導体装置の配線パターンのために所期レジストパターン(図示せず)を反射防止膜上に通常のフトリソグラフィ工程により形成し、前記レジストパターンをエッチングマスクとして使用し反射防止膜、第1導電層27及び水素処理された表面層26を有する拡散防止膜25を順次的にエッチングし本発明による配線層を完成する。

【0087】(比較例1)水素処理段階を略したことを除いては実施例1の場合と同一の方法で遂行し配線層を得た。

【0088】得た第1導電層を電子顕微鏡で観察したところ、図11に示した通り0.2μm大きさの小さいアルミニウム粒子が形成されたことが分かった。

【0089】実施例1及び比較例1により得た配線層を窒素雰囲気下で12時間の間450℃でシンタリングした後、接触口での接合漏洩電流を測定した。図30は実施例1及び比較例1により得た配線層の接触口で測定した接合漏洩電流を示すグラフである。

【0090】図30で、グラフAは比較例1から得た10、000個の接触口での接合漏洩電流を測定して得たものであり、グラフBは実施例1から得た10、000個の接触口での接合漏洩電流を測定して得たものである。

【0091】同図から、本発明の方法により得た配線層は拡散防止膜の表面上に酸化物質が残留するので、従来の方法の場合と類似した接合漏洩電流を保つことが分かった。従って、本発明による拡散防止膜の障壁効果は従来の方法による拡散防止膜の障壁効果と同一である。

【0092】一方、本発明の実施例1によれば、下支膜を水素処理し蒸着された金属層と下支膜間の濡れ性を向上させた。向上された濡れ性を有する下支膜の水素処理された表面層上にアルミニウム合金が蒸着されたので、図12に示した通り比較例1に比べ蒸着された金属層の大きい粒子が形成された。従って、本発明の金属層の段差塗布性は著しく向上され配線層の信頼性を向上されたことが分かる。

【0093】(実施例2) 図18乃至図20は本発明による配線層形成方法の第2実施例を示すための断面図である。

【0094】本実施例では、実施例1の場合と同一の方法で配線層所定厚さの10乃至80%の厚さを持つよう第1導電層を形成し、第1導電層を前記C.S.Parkの方法により熱処理し接触口を第1導電層の物質で埋め立てた。次に、前記熱処理された第1導電層上に第2導電層を形成した。図18乃至図20で、参照番号は実施例1の場合と同一の部材を示す。

【0095】図18は第1導電層の物質で接触口24を埋め立てる段階を示す。より具体的に、前記実施例1の場合と同一の方法で図17で厚さ600乃至4、800Åの第1導電層27を形成した後、半導体ウェハを真空ブレーキなく他の室(図示せず)に入れ、アルゴン伝導法を利用して第1導電層を約500~550℃で約1~5分間熱処理し、アルミニウム合金の粒子を接触口24内に移動させた。

【0096】その結果、図18に示したように、接触口24は第1導電層物質で完全に埋め立てられた。この際、水素処理された表面層26のチタン原子の一部はアルミニウムと反応し前記第1導電層27の埋没を向上させた。第1導電層27を熱処理した後、接触口の埋立状態を観察したところ、観測された全ての接触口が第1導電層物質で埋め立てられた。図18で、参照番号28は開口部を完全に埋め立てる第1金属層を表す。

【0097】図19は前記で熱処理された第1導電層2

8上に第2導電層29を形成する段階を示す。より具体的に、350℃以下の温度で真空を破らず、スパッタリング方法により金属を蒸着し配線層が所期の厚さを持つよう第2金属層を形成する。第2導電層29は1、200~5、400Åの厚さで、Al-Cu合金(Al-0.5%Cu合金)を蒸着して形成した。

【0098】図20は第2金属層29を熱処理し配線層の表面を平坦化する段階を示す。参照番号30は熱処理された第2金属層を示す。この段階は真空を破らず第1導電層の場合と同一の方法で遂行した。

【0099】この段階を遂行することにより第2金属層の原子を接触口24に移動させ接触口24をより完全に埋め立てることによって平坦化した配線層を生成する。従って、後続くフォトリソグラフィー工程がより容易で効果的に遂行され得た。

【0100】次に、後続くフォトリソグラフィー工程を向上させるために熱処理された第2導電層29の表面上にスパッタリング方法により窒化チタンを200~500Åの厚さで蒸着し反射防止膜(図示せず)を形成した後、半導体装置の配線パターンのために所期レジストパターン(図示せず)を反射防止膜上に通常のフォトリソグラフィー工程により形成し、前記レジストパターンをエッチングマスクとして使用し反射防止膜、平坦化した第2導電層30及び第1導電層28及び表面に水素処理層26を有する拡散防止膜25を順次的にエッチングして本発明による配線層を完成した。

【0101】(比較例2) 水素処理段階を略することを除いては実施例2の場合と同一の方法で金属配線層を形成した。

【0102】前記得た第1導電層を電子顕微鏡で観察したところ、図11に示した通り0.2μmの大きさの小さいアルミニウム粒子が形成されたことが分かった。第1導電層を熱処理した後、接触口の埋立状態を観察したところ、約70%の接触口で完全な埋立が得られた。

【0103】(実施例3) 図21乃至図23は本発明の方法による半導体装置の配線層形成方法の第3実施例を示す。

【0104】図21は開口部の接触口44を形成する段階を示す。より具体的には不純物ドーピング領域42の形成された半導体基板41上にBPSGを使用し厚さ0.8~1.5μmの絶縁層43を形成した後、上部に段差部の形成されている0.7μmの大きさの接触口を形成し前記半導体基板41の不純物ドーピング領域42の表面部分を露出させた。次に、半導体基板を洗浄した。

【0105】図22は拡散防止膜45及び水素処理された表面層46を形成する段階を示す。前記接触口44を形成した後、実施例1の場合と同一の方法でT1からなる第1拡散防止膜とT1Nからなる第2拡散防止膜45を形成した後水素処理し水素処理層46を形成した。

【0106】図23は第1導電層47の形成段階を示す。具体的には前記水素処理段階の後真空を破らずAl-Si-Cu合金 (Al-1%Si-0.5%Cu合金) を半導体基板41の温度を約0.8Tm乃至Tm (TmはAl-Si-Cu合金の溶融点である) の温度で保ちながらスパッタリング方法により約4,800Å以下の厚さで蒸着させ第1導電層47を形成した。

【0107】次に実施例2の場合と同一の方法で第2金属層形成段階、反射防止膜形成段階及び金属配線層形成のためのリソグラフィ工程を経て本発明の配線層を得た。

【0108】前記第1導電層47の形成の際に、前記蒸着された金属層と拡散防止膜46間の濡れ性が向上され (図12に示したような) 大きい粒子が形成され、第1導電性47の原子が接触口44内に移動した。顕微鏡でボイド形成を観察したところ、接触口44でのボイド形成が見えず、前記接触口44は第1導電層47を構成する物質で完全に埋め立てられていた。

【0109】ここで、第1導電層47を前記実施例1の場合のように150℃以下の温度で第1金属を3,000Å以下の厚さで蒸着した後、0.8Tm乃至Tmの温度で第2金属を残りの厚さで更に蒸着し前述した4,800Åの厚さを持つよう形成した場合にも接触口44でのボイド形成は見えなかった。

【0110】(実施例4) 図24及び図25は本発明による配線層形成方法の第4実施例を示す。

【0111】図24は絶縁膜68に開口部のファイアホール69を形成する段階を示す。より具体的にはその表面部分に不純物ドーピング領域62の形成された半導体基板61上にBPSGを使用し厚さ0.8~1.5μmの絶縁層63を形成した後、下部配線層66と半導体基板61の不純物ドーピング領域62と電氣的接触のための0.7μm大きさの接触口64を形成し不純物ドーピング領域62の表面部分を露出させた。次に、前記実施例2の方法により拡散防止膜65、下部配線層66及び反射防止膜67を形成した。次に、SiO<sub>2</sub>から構成された層間絶縁膜68を前記下部配線層66上に形成し、前記層間絶縁膜68に下部配線層66と上部配線層を電氣的に接続するための1.0μm大きさのファイアホール69を形成した。

【0112】図25は層間絶縁膜68の水素処理及び上部配線層71の形成段階を示す。前記ファイアホール69を形成した後、実施例1の場合と同一の方法で、前記層間絶縁膜68を水素処理し層間絶縁膜68の表面部分及びファイアホール69の内面上に、水素処理された表面層70を形成した。

【0113】次に、前記水素処理段階の後真空を破らず、Al-Si-Cu合金をスパッタリング方法により約8,000Åの厚さで蒸着させ上部金属層71を形成した。アルミニウム合金は350℃以下の温度で150

Å/sec以下の蒸着速度で蒸着した。

【0114】次に、実施例1の場合と同一の方法で、反射防止膜を形成した後、上部配線層の形成のためのリソグラフィ工程を経て半導体装置の上部配線層を完成した。

【0115】上部配線層を形成する前に拡散防止膜を形成していない場合には、配線層の下支膜 (層間絶縁膜68の表面) はSiO<sub>2</sub>よりなり、金属層をスパッタリングする方法で形成する場合に、蒸着された金属層と絶縁層間の濡れ性が不良であって、ファイアホール (特にファイアホールの側壁で) の金属層の段差塗布性は不良になる。

【0116】図26は図24に示したようなファイアホールを有する層間絶縁膜68に金属を蒸着した場合に蒸着された金属層の不良な段差塗布性を示す断面図である。同図で、蒸着された金属層71'の不良な段差塗布性によりファイアホール69の側壁上に蒸着された金属層71'の断線が起こることが分かる。

【0117】一方、実施例4では、ファイアホール69を含む層間絶縁膜68を水素プラズマ又は水素ラジカルに露出させ層間絶縁膜68の表面及びファイアホール69の内面に水素処理された表面層70が形成されている。従って、蒸着された金属層と層間絶縁膜間の濡れ性が向上された。

【0118】得た上部金属層71を顕微鏡で観察し、図12及び図14に示した通りの、金属層の大きい粒子が形成されたことが分かる。これからファイアホールに対する金属層の段差塗布性が向上されたことが分かった。その結果、上部配線層の信頼性が向上され得た。

【0119】又、ファイアホールにより大気に露出され形成された下部配線層の表面に存する金属酸化物も又前記水素処理工程の際に取り除かれた。このような金属酸化物はアルゴンRFエッチング方法や、アルゴンECRエッチング方法によっても取り除くことができる。

【0120】(実施例5) 図27乃至図29は本発明による配線層形成方法の第5実施例を示すための断面図である。

【0121】図27は第1導電層の形成段階を示す。具体的には実施例4の図24に示したようなファイアホール69を有する層間絶縁膜68を形成した後、実施例1の場合と同一の方法で水素処理段階を遂行した。次に、実施例1と同一の方法でスパッタリング方法により150℃以下の低温で、アルミニウム合金を蒸着し第1導電層72を形成した。ここで、第1導電層は配線層所期厚さの10乃至80%の厚さを持つよう形成し、蒸着段階の中に半導体基板61に-20乃至-200Vのバイアス電圧を加えた。蒸着は100Å/secの速度で、4mTorrのアルゴン雰囲気下で遂行した。

【0122】図28は熱処理し第1導電層72の物質でファイアホール69を埋め立てる段階を示す。熱処理段



階は実施例2の場合と同一の方法で遂行した。ここで、参照番号73は熱処理の後ファイアホール69を完全に埋没する第1導電層を示す。

【0123】図29は第2導電層74を形成する段階を示す。図28の段階後、実施例2の場合と同一の方法でアルミニウム合金を350℃以下の温度で、150Å/secの蒸着速度で蒸着し第2導電層を形成した。

【0124】次に実施例1の場合と同一の方法で、反射防止膜を形成した後、上部配線層形成のためのリソグラフィ段階を経て半導体装置の上部配線層を完成した。

【0125】第1導電層の熱処理後に、顕微鏡でファイアホール形成を観察したところ、ファイアホール69でのボイド形成は見えず、全てのファイアホール69が第1導電層72の物質で完全に埋め立てられていた。

【0126】図27の水素処理段階の前に拡散防止膜を形成した場合にも、同一の結果が得られた。

【0127】

【発明の効果】本発明によれば、下支膜を水素処理し蒸着された金属層と下支膜間の濡れ性を向上させる。向上された濡れ性を有する下支膜の水素処理された表面層上に、純粋アルミニウム又はアルミニウム合金を蒸着するために、従来の方法に比べ図12及び図14に示したように大きい粒子を有する金属層が形成される。従って、金属層の段差塗布性が著しく向上され、半導体装置の配線層の信頼性を向上させる。一方、拡散防止膜の障壁特性は従来の方法と同一に保たれる。又、(低温で蒸着された)金属層を溶融点以下的高温で熱処理したり、高温で金属をスパッタリング方法により蒸着する場合に、金属層粒子の移動度が増加する。従って、従来の方法やC. S. Parkの方法に比べ蒸着された金属で接触口やファイアホールのような開口部をより容易に埋め立てられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ボイド形成を示す従来の方法により得られた金属配線を有する半導体ウェハの部分断面図である。

【図2】従来技術である米国特許出願第07/827,294号に記された発明による金属配線層形成方法を工程順に示す図面である。

【図3】図2に続く従来技術を工程順に示す図面である。

【図4】図3に続く従来技術を工程順に示す図面である。

【図5】TiN層蒸着した後とN<sub>2</sub>雰囲気、各種温度でアニーリングした後、XPSを使用しTiN層の表面から得たスペクトルを示す。図5で、横軸は分子の結合エネルギーeVを示し、縦軸は単位エネルギー当たり電子の数を示す。

【図6】Ti層とTiN層より構成された拡散防止膜とTiN層上に形成された酸化物層を示す断面図である。

【図7】図6の拡散防止膜を形成した後、N<sub>2</sub>アニー

リングして障壁特性を向上させて得た拡散防止膜を示す断面図である。

【図8】窒素雰囲気下でアニーリングした拡散防止膜上に、高温で金属層を蒸着する場合のボイド形成を示す。

【図9】窒素雰囲気下でアニーリングした拡散防止膜上に、低温で金属を蒸着し金属層を形成した後、(溶融点以下的高温で)熱処理する場合の断線13形成を示す。

10 【図10】図7に示した拡散防止膜を水素処理した後の拡散防止膜の断面図を示す。

【図11】拡散防止膜上に形成された薄膜表面の写真である。(大気露出された(TiNから構成された)拡散防止膜上にAl-1%Si-0.5%Cuを6,000Åの厚さで蒸着して得た金属層(薄膜)表面のSEM写真である。)

【図12】拡散防止膜上に形成された薄膜表面の写真である。(拡散防止膜のTiN層を形成した後、TiN層をN<sub>2</sub>雰囲気中30分間アニーリングした後ECR励起水素プラズマに露出させ水素処理した後真空を破らず、水素処理したTiN層上にAl-1%Si-0.5%Cuを6,000Åの厚さで蒸着して得た金属層(薄膜)表面のSEM写真である。)

【図13】拡散防止膜上に形成された薄膜表面の写真である。(大気に露出された(Tiから構成された)拡散防止膜上にAl-1%Si-0.5%Cuを6,000Åの厚さで蒸着して得た金属層(薄膜)表面のSEM写真である。)

【図14】拡散防止膜上に形成された薄膜表面の写真である。(拡散防止膜のTi層を形成した後、Ti層をN<sub>2</sub>雰囲気中30分間アニーリングした後ECR励起水素プラズマに露出させ水素処理した後真空を破らず、水素処理したTi層上にAl-1%Si-0.5%Cuを6,000Åの厚さで蒸着して得た金属層(薄膜)表面のSEM写真である。)

【図15】図15は本発明の方法による半導体装置の配線層形成方法の第1実施例を工程順に示すための断面図である。

【図16】第1実施例を工程順に示すための図15に続く断面図である。

【図17】第1実施例を工程順に示すための図16に続く断面図である。

【図18】本発明による配線層形成方法の第2実施例を工程順に示すための断面図である。

【図19】第2実施例を工程順に示すための図18に続く断面図である。

【図20】第2実施例を工程順に示すための図19に続く断面図である。

【図21】本発明による配線層形成方法の第3実施例を工程順に示すための断面図である。

【図22】 第3実施例を工程順に示すための図21に続く断面図である。

【図23】 第3実施例を工程順に示すための図22に続く断面図である。

【図24】 本発明による配線層形成方法の第4実施例を工程順に示すための断面図である。

【図25】 第4実施例を工程順に示すための図24に続く断面図である。

【図26】 図24に示したようなファイアホールを有する層間絶縁膜に金属を蒸着した場合に蒸着された金属層の不良な段差塗布性を示す断面図である。

【図27】 本発明による配線層形成方法の第5実施例を工程順に示すための断面図である。

【図28】 第5実施例を工程順に示すための図27に続く断面図である。

【図29】 第4実施例を工程順に示すための図28に

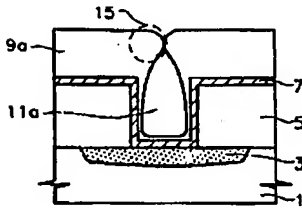
続く断面図である。

【図30】 実施例1及び比較例1により得た配線層の接触口で測定した接合漏洩電流を示すグラフである。

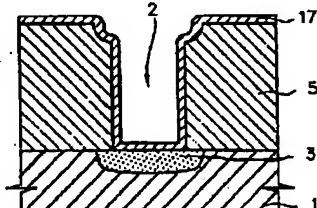
【符号の説明】

- 1、21、41、61…基板、
- 2、24、44…接触口、
- 3、22、42、62…不純物ドーピング領域、
- 5、23、43、63…絶縁層、
- 7、25、45…拡散防止膜、
- 26、46、70…水素処理された表面層、
- 27、28、47、72…第1導電層、
- 29、30、74…第2導電層、
- 66…下部配線層、
- 68…層間絶縁膜、
- 69…ファイアホール、
- 71…上部配線層。

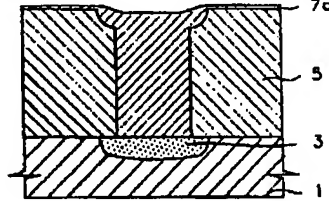
【図1】



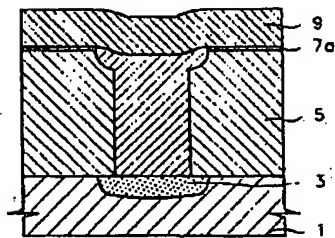
【図2】



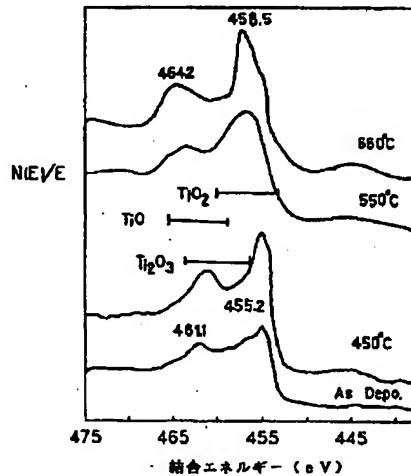
【図3】



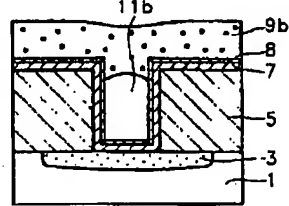
【図4】



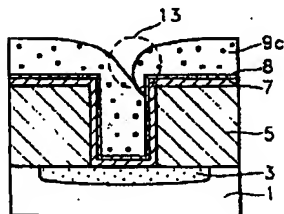
【図5】



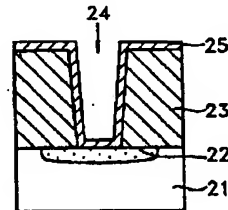
【図8】



【図9】

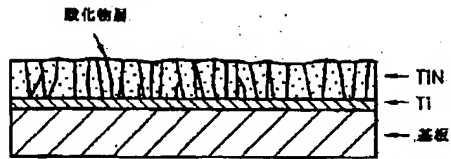


【図15】

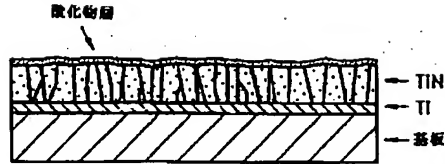




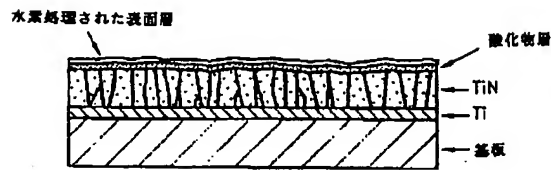
【図6】



【図7】



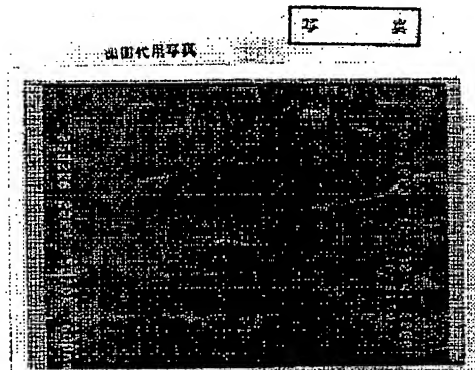
【図10】



【図11】



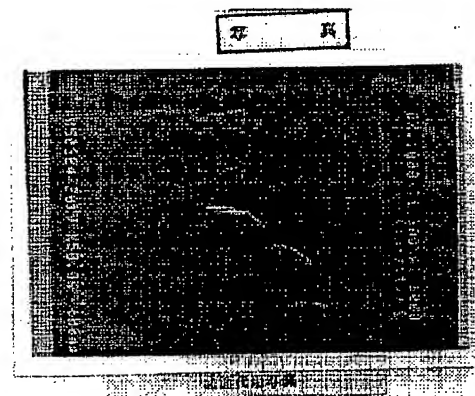
【図12】



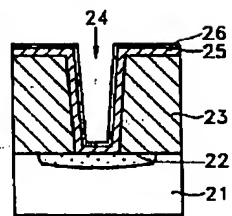
【図13】



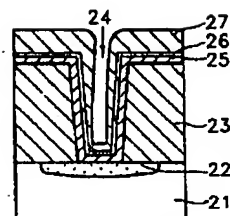
【図14】



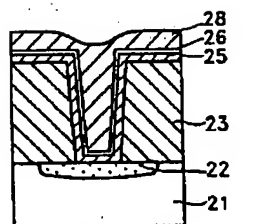
【図16】



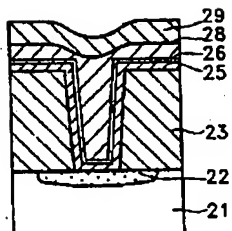
【図17】



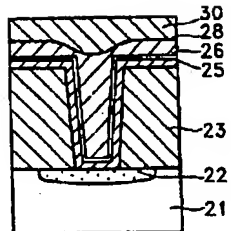
【図18】



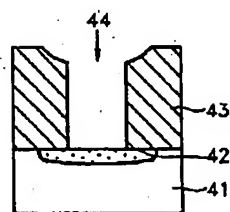
【図19】



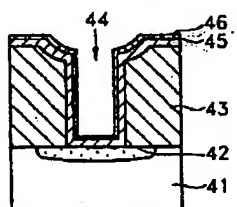
【図20】



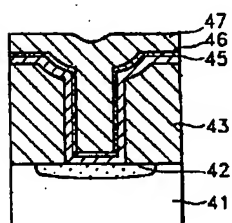
【図21】



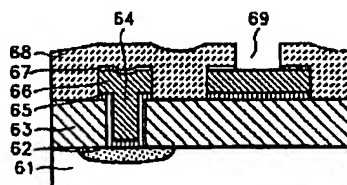
【図22】



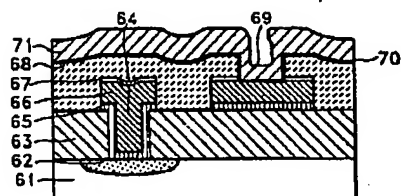
【図23】



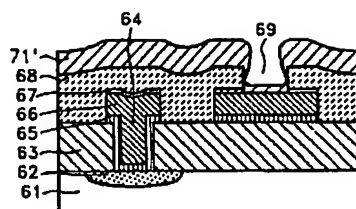
【図24】



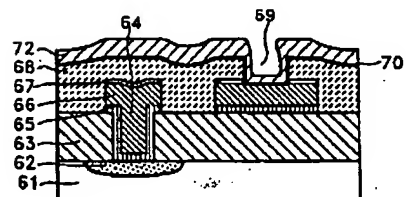
【図25】



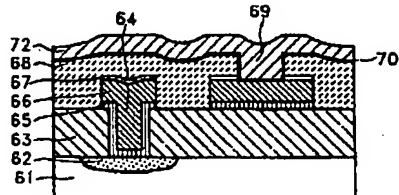
【図26】



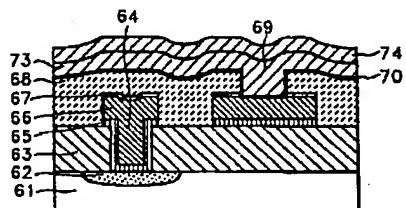
【図27】



【図28】



【図29】



【図30】

